

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-072514

(43)Date of publication of application : 19.03.1996

(51)Int.Cl.

B60C 23/06

(21)Application number : 06-240746

(71)Applicant : NIPPONDENSO CO LTD

(22)Date of filing : 07.09.1994

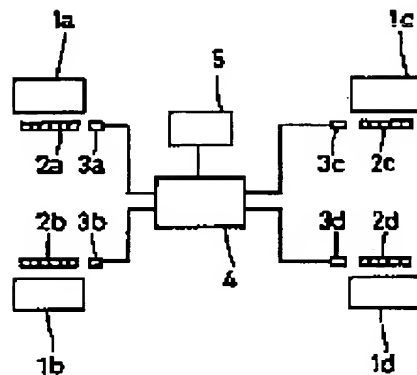
(72)Inventor : SUZUKI MOTOJI  
INOUE YUICHI  
FUKADA SHINJIRO  
TOMIITA KENJI

## (54) TIRE PRESSURE DETECTING DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide an air pressure detecting device free from risk of misjudgement by extracting the resonance frequency component from a tire vibration signal at the time of running, comparing the vibration signal level of the left and the right wheel with the set values, and detecting the air pressure condition on the basis of the resonance frequency component computed from the selected resonance frequency component.

**CONSTITUTION:** Wheel speed sensors consisting of pulsers 2a-2d and pickup coils 3a-3b are furnished on the front/rear left tires and the front/rear right tires 1a-1d, and the sensing signal is fed to an ECU 4 and processed according to a specified program, and the obtained result is displayed on a display 5. That is, the resonance frequency component is extracted from the input signal, and the sizes of the vibration signal levels for the left and right wheels are compared with the set values so that the signal of resonance frequency component is selected. From the selected signal the resonance frequency is calculated, and the condition signal for the air pressure based upon the resonance frequency is fed to the display part 5. Accordingly no sensing takes place at steep cornering or when ABS or TRC is in operation, and the vibratory noises other than originating from the tire are removed selectively, and thereby the air pressure condition of the tire can be sensed accurately.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-72514

(43) 公開日 平成8年(1996)3月19日

(51) IntCl.<sup>8</sup>

B 6 0 C 23/06

識別記号

A

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平6-240746

(22) 出願日 平成6年(1994)9月7日

(71) 出願人 000004260

日本電装株式会社

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 鈴木 基司

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(72) 発明者 井上 祐一

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(72) 発明者 深田 伸次郎

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

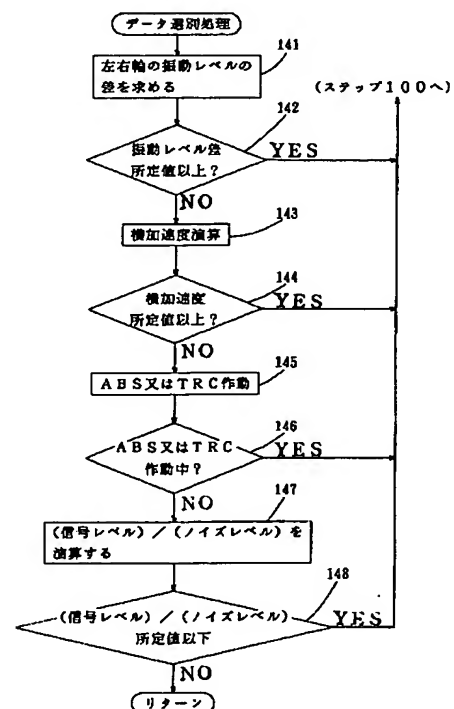
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タイヤ空気圧検知装置

(57) 【要約】

【目的】 誤判定することのないタイヤ空気圧検知装置を提供する。

【構成】 ステップ141で左右輪の振動レベルの差が所定の値以上になった場合は、ステップ142でデータを採用不可と判定する。データ採用可の場合は、ステップ143へ進んで横加速度を演算する。横加速度の演算値が所定の値以上になった場合は、ステップ144でデータを採用不可と判定し、データ採用可の場合はステップ145へ進む。ステップ145では、FFT演算結果の基になる車輪速信号の所定時間範囲内でABS或いはTRCの作動が検出されると、ステップ146でそのデータを採用不可とする。データ採用可の場合はステップ147に進む。ステップ147では、信号レベル/ノイズレベルの大きさを判定し所定値以下であれば、データを採用不可とする。上記のすべての条件でデータが不採用でない場合のみ、ステップ150以下の各処理を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、前記信号から共振周波数成分の信号を抽出する抽出手段と、左右輪の振動の信号レベルの大きさを予め設定された値と比較して、共振周波数の演算に用いる共振周波数成分の信号を選別する信号選別手段と、選別された共振周波数成分の信号から共振周波数を演算する演算手段と、共振周波数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とするタイヤ空気圧検知装置。

【請求項2】 車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、前記信号から共振周波数成分の信号を抽出する抽出手段と、旋回レベルを検出する検出手段と、該旋回レベルの大きさを予め設定された値と比較して、共振周波数の演算に用いる共振周波数成分の信号を選別する信号選別手段と、選別された共振周波数成分の信号から共振周波数を演算する演算手段と、共振周波数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とするタイヤ空気圧検知装置。

【請求項3】 車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、前記信号から共振周波数成分の信号を抽出する抽出手段と、アンチロックブレーキシステムとトラクションコントロールシステムの作動を検出する検出手段と、該アンチロックブレーキシステム若しくはトラクションコントロールシステムの作動の有無から、共振周波数の演算に用いる共振周波数成分の信号を選別する信号選別手段と、選別された共振周波数成分の信号から共振周波数を演算する演算手段と、共振周波数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とするタイヤ空気圧検知装置。

【請求項4】 車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、前記信号からタイヤの共振周波数成分の信号を抽出する第1抽出手段と、前記信号からタイヤの共振周波数成分以外の周波数成分の信号を抽出する第2抽出手段と、前記第1抽出手段で抽出された信号と前記第2抽出で抽出された信号の割合の大きさを予め設定された値と比較して、共振周波数の演算に用いる共振周波数成分の信号を選別する信号選別手段と、選別された共振周波数成分の信号から共振周波数を演算する演算手段と、共振周波数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とするタイヤ空気圧検知装置。

【請求項5】 車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、前記信号の左右輪の振動の信号レベルの大きさの比を予め設定された値と比較して前記信号を選別する信号選別手段と、選別された信号からタイヤばね定数を推定する推定手段と、タイヤばね定数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検

知手段とを備えたことを特徴とするタイヤ空気圧検知装置。

【請求項6】 車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、旋回レベルを検出する検出手段と、該旋回レベルの大きさを予め設定された値と比較して前記信号を選別する信号選別手段と、選別された信号からタイヤばね定数を推定する推定手段と、該タイヤばね定数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とするタイヤ空気圧検知装置。

【請求項7】 車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、アンチロックブレーキシステムとトラクションコントロールシステムの作動を検出する検出手段と、アンチロックブレーキシステム若しくはトラクションコントロールシステムの作動の有無から前記信号を選別する信号選別手段と、選別された信号からタイヤばね定数を推定する推定手段と、該タイヤばね定数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とするタイヤ空気圧検知装置。

【請求項8】 車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、前記信号からタイヤの共振周波数成分とそれ以外の周波数成分の信号レベルの割合を抽出する抽出手段と、前記信号レベルの割合の大きさを予め設定された値と比較して前記信号レベルの割合の信号を選別する信号選別手段と、選別された信号からタイヤばね定数を推定する推定手段と、該タイヤばね定数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とするタイヤ空気圧検知装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は誤判定することのないタイヤ空気圧検知装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 特開昭63-305011号公報には、空気圧に応じてタイヤの負荷半径が変わると車輪速度が変動するため、各車輪の車輪速度を検出して間接的にタイヤ空気圧を検知するタイヤ空気圧検知装置が開示されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記タイヤの負荷半径はタイヤの摩耗やコーナリング、制動等の走行状況により微妙に変化する。このため、タイヤの負荷半径を空気圧検知のパラメータとすると、検知精度が十分に確保できないという問題がある。本願発明者は上記問題を解決するため、ばね下の上下方向あるいは前後方向の共振周波数を抽出して、予め電子制御装置(以下ECUという)に記憶した空気圧判定基準値(タイヤの許容最低空気圧に対応した共振周波数)と比較すること

により、タイヤの空気圧の状態を検知する装置を発明して出願した(特願平3-294622号)。

【0004】上記出願に係るタイヤ空気圧検出装置は、タイヤの空気圧の判定を確実に行うことができる点で優れているが、以下に述べるような問題点を包含している。

(1) 入力される路面状態が左右の輪で異なりそれぞれのはね下振動レベルが大きく違う場合には、振動レベル大きい側の輪の振動が、ドライブシャフト、ステアリングアーム、サスペンションメンバ等を介して振動レベルの小さい側の輪に伝わり、該振動の小さい側の輪の振動現象が検出できなくなる。このため、その輪のタイヤの共振周波数或いはタイヤばね定数の推定が困難となり、その輪のタイヤ空気圧判定において誤判定を生じることがある。

【0005】(2) 横加速度が大きく作用するような旋回をした場合には、旋回時の荷重移動により旋回内輪の接地荷重が減少する。このため、その輪の振動レベルが減少して共振周波数或いはタイヤばね定数の推定が困難となり、その輪のタイヤ空気圧判定において誤判定を生じることがある。

【0006】(3) アンチロックブレーキシステム(以下ABSという)あるいはトラクションコントロールシステム(以下TRCという)が作動した場合には、その制御に伴う制御トルク変動や駆動トルク変動の振動により、ばね下の共振振動現象が検出できなくなる。このため、タイヤの共振周波数或いはタイヤばね定数の推定が困難となり、タイヤ空気圧判定において誤判定を生じることがある。

【0007】(4) 車輪速変動には、タイヤの空気圧に依存する振動現象の他に、例えば、サスペンションメンバやサスペンションアームの振動現象の成分も含まれる。このため、路面状態の入力等によりタイヤ空気圧に依存する振動レベルよりも、上記したタイヤ空気圧に依存しない振動現象が際立つ場合がある。この場合、その輪のタイヤの共振周波数或いはタイヤばね定数の推定が困難となり、タイヤ空気圧の判定において誤判定を生じることがある。

【0008】本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、左右輪の振動レベルに大きな差があったり、横加速度の大きな旋回をした場合でも、ABS或いはTRCを作動させた場合でも、路面状態の入力等により、ばね下振動の中でタイヤの振動現象に比べて、それ以外の部分の共振現象の方が大きくなるような場合でも、誤判定することのないタイヤ空気圧検知装置を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するための請求項1記載の本発明のタイヤ空気圧検知装置は、車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出

力する出力手段と、前記信号から共振周波数成分の信号を抽出する抽出手段と、左右輪の振動の信号レベルの大きさを予め設定された値と比較して、共振周波数の演算に用いる共振周波数成分の信号を選別する信号選別手段と、選別された共振周波数成分の信号から共振周波数を演算する演算手段と、共振周波数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とする。

【0010】上記問題点を解決するための請求項2記載の本発明のタイヤ空気圧検知装置は、車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、前記信号から共振周波数成分の信号を抽出する抽出手段と、旋回レベルを検出する検出手段と、該旋回レベルの大きさを予め設定された値と比較して、共振周波数の演算に用いる共振周波数成分の信号を選別する信号選別手段と、選別された共振周波数成分の信号から共振周波数を演算する演算手段と、共振周波数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とする。

【0011】上記問題点を解決するための請求項3記載の本発明のタイヤ空気圧検知装置は、車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、前記信号から共振周波数成分の信号を抽出する抽出手段と、ABSとTRCの作動を検出する検出手段と、該ABS若しくはTRCの作動の有無から、共振周波数の演算に用いる共振周波数成分の信号を選別する信号選別手段と、選別された共振周波数成分の信号から共振周波数を演算する演算手段と、共振周波数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とする。

【0012】上記問題点を解決するための請求項4記載の本発明のタイヤ空気圧検知装置は、車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、前記信号からタイヤの共振周波数成分の信号を抽出する第1抽出手段と、前記信号からタイヤの共振周波数成分以外の周波数成分の信号を抽出する第2抽出手段と、前記第1抽出手段で抽出された信号と前記第2抽出で抽出された信号の割合の大きさを予め設定された値と比較して、共振周波数の演算に用いる共振周波数成分の信号を選別する信号選別手段と、選別された共振周波数成分の信号から共振周波数を演算する演算手段と、共振周波数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とする。

【0013】上記問題点を解決するための請求項5記載の本発明のタイヤ空気圧検知装置は、車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、前記信号の左右輪の振動の信号レベルの大きさの比を予め設定された値と比較して前記信号を選別する信号選別手段と、選別された信号からタイヤばね定数を推定する推定手段と、タイヤばね定数に基づいてタイヤの空

気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とする。

【0014】上記問題点を解決するための請求項6記載の本発明のタイヤ空気圧検知装置は、車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、旋回レベルを検出する検出手段と、該旋回レベルの大きさを予め設定された値と比較して前記信号を選別する信号選別手段と、選別された信号からタイヤばね定数を推定する推定手段と、該タイヤばね定数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とする。

【0015】上記問題点を解決するための請求項7記載の本発明のタイヤ空気圧検知装置は、車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、ABSとTRCの作動を検出する検出手段と、ABS若しくはTRCの作動の有無から前記信号を選別する信号選別手段と、選別された信号からタイヤばね定数を推定する推定手段と、該タイヤばね定数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とする。

【0016】上記問題点を解決するための請求項8記載の本発明のタイヤ空気圧検知装置は、車両の走行時にタイヤの振動周波数成分を含む信号を出力する出力手段と、前記信号からタイヤの共振周波数成分とそれ以外の周波数成分の信号レベルの割合を抽出する抽出手段と、前記信号レベルの割合の大きさを予め設定された値と比較して前記信号レベルの割合の信号を選別する信号選別手段と、選別された信号からタイヤばね定数を推定する推定手段と、該タイヤばね定数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知する検知手段とを備えたことを特徴とする。

【0017】

【作用及び発明の効果】上記請求項1記載のタイヤ空気圧検出装置は、抽出手段が抽出した共振周波数成分の信号から、信号選別手段が左右輪の信号レベルの大きさの比を予め設定した値と比較して共振周波数の演算に用いる信号を選別し、選別された信号に基づいて、演算手段が演算する共振周波数から空気圧の状態を検知する。従って、誤検知するような信号を選択除去できるから、正確にタイヤ空気圧を検知できる。

【0018】上記請求項2記載のタイヤ空気圧検出装置は、抽出手段が抽出した共振周波数成分の信号から、信号選別手段が検出された旋回レベルの大きさの比を予め設定した値と比較して共振周波数の演算に用いる信号を選別し、選別された信号に基づいて、演算手段が演算する共振周波数から空気圧の状態を検知する。従って、急旋回時にはタイヤ空気圧の検知を行うことがないから、誤検知を防止できる。

【0019】上記請求項3記載のタイヤ空気圧検出装置は、抽出手段が検出したABS若しくはTRCの作動の

有無により、抽出手段が抽出した共振周波数成分の信号から、信号選別手段が共振周波数の演算に用いる信号を選別し、選別された信号に基づいて演算手段が演算する共振周波数から空気圧の状態を検知する。従って、ABS又はTRCが作動しているときは、タイヤ空気圧の検知を行うことがないから、誤検知を防止できる。

【0020】上記請求項4記載のタイヤ空気圧検出装置は、第1抽出手段が抽出したタイヤの共振周波数成分の信号と、第2抽出手段が抽出したタイヤ以外の共振周波数成分の信号の割合の大きさを予め設定された値と比較して、信号選別手段が共振周波数の演算に用いる信号を選別手段により選別し、選別された信号に基づいて演算手段が演算する共振周波数から空気圧の状態を検知する。従って、タイヤの振動に比べて他の振動成分によるノイズの量が多くなる場合でも、誤検知することがない。

【0021】上記請求項5記載のタイヤ空気圧検出装置は、検出された左右輪の信号レベルの大きさの比を予め設定した値と比較し、出力手段が出力する信号から、信号選別手段がタイヤばね定数の推定に用いる信号を選別し、選別された信号から推定手段が推定するタイヤばね定数に基づいて空気圧の状態を検知する。従って、誤検知するような信号を選択除去できるから、正確にタイヤ空気圧を検知できる。

【0022】上記請求項6記載のタイヤ空気圧検出装置は、検出された旋回レベルを予め設定した値として比較し、出力手段が出力する信号から、信号選別手段がタイヤばね定数の推定に用いる信号を選別し、選別された信号から推定手段が推定するタイヤばね定数に基づいて空気圧の状態を検知する。従って、急旋回時にはタイヤ空気圧の検知を行うことがないから、誤検知を防止できる。

【0023】上記請求項7記載のタイヤ空気圧検出装置は、検出されたABS若しくはTRCの作動の有無により、信号選別手段がタイヤばね定数の推定に用いる信号を選別し、選別された信号から推定手段が推定するタイヤばね定数に基づいて空気圧の状態を検知する。従って、ABS又はTRCが作動しているときは、タイヤ空気圧の検知を行うことがないから、誤検知を防止できる。

【0024】上記請求項8記載のタイヤ空気圧検出装置は、抽出されたタイヤの共振周波数成分とそれ以外の周波数成分の信号レベルの割合の大きさの比を予め設定した値と比較して、信号選別手段がタイヤばね定数の推定に用いる信号を選別し、選別された信号から推定手段が推定するタイヤばね定数に基づいて空気圧の状態を検知する。従って、タイヤの振動に比べて他の振動成分によるノイズの量が多くなる場合でも、誤検知することがない。

【0025】

【実施例】本発明の実施例を図面を参照して説明する。図1はタイヤ空気圧検知装置の概略構成図である。車両に装着される前後左右の4個のタイヤ1a~1dに対応してそれぞれ車輪速度センサが設置される。車輪速度センサは、磁性体よりなる歯車形状のパルス2a~2d及びピックアップコイル3a~3dにより構成される。パルス2a~2dは、各タイヤ1a~1dの回転車軸(図示せず)に固定される。ピックアップコイル3a~3dは、パルス2a~2dと所定の間隔を置いて取り付けられ、パルス2a~2dの回転、即ち前記各タイヤ1a~1dの回転速度に応じた周期を有する交流信号を出力する。

【0026】ピックアップコイル3a~3dから出力される交流信号は、ECU4に入力される。ECU4は、CPU、波形成回路、ROM、RAM等から構成され、所定のプログラムに従い入力される各種信号を処理する。そして、その処理結果は表示部5に入力され、該表示部5は運転者に対して各タイヤ1a~1dの空気圧の状態を報知する。報知態様は、各タイヤ1a~1dの空気圧の状態を格別に表示するようにしてもよく、また1個の警告ランプにより、いずれか1個のタイヤの空気圧が基準空気圧よりも低下したとき、前記警告ランプを点灯して警告するようにしてもよい。

【0027】ここで、本実施例におけるタイヤ空気圧の検知原理について説明する。車両が舗装されたアスファルト路面を走行した場合、その路面表面の微小な凹凸により上下及び前後方向の力を受け、その力によってタイヤは上下及び前後方向に振動する。このタイヤ振動時の車両のばね下の加速度の周波数特性は、図2に示すようにa点、b点でピーク値を示す。a点は車両のばね下における上下方向の共振周波数であり、b点は車両のばね下における前後方向の共振周波数である。

【0028】タイヤの空気圧が変化すると、タイヤゴム部のばね定数も変化するため、上記の上下方向及び前後方向の共振周波数がともに変化する。例えば、図3に示すように、タイヤの空気圧が低下すると、タイヤゴム部のばね定数も低下するので、上下方向及び前後方向の共振周波数が全体的に低周波側に移行し、ピーク値a点はa'点にピーク値b点はb'点に移行する。従って、タイヤの振動周波数より、車両のばね下における上下方向及び前後方向の共振周波数の少なくとも一方を抽出すれば、この共振周波数に基づいてタイヤの空気圧の状態を検知することができる。

【0029】一方、本発明者らの詳細な検討の結果、車輪速度センサの検出信号には、タイヤの振動周波数成分が含まれていることが解明された。即ち、車輪速度センサの検出信号を周波数解析した結果は、図4に示すように2点でピーク値を示すとともに、タイヤの空気圧の低下に伴い、その2点のピーク値も低下することが明らかとなった。このため、本実施例では車輪速度センサの検

出信号から、車両のばね下における上下方向及び前後方向の共振周波数を抽出することで、タイヤ空気圧を検知しようとするものである。

【0030】上記により、本実施例によれば、近年搭載車両の増加しているABSを備える車両等は、既に各タイヤに車輪速度センサが装備されているため、何ら新たなセンサ類を追加しなくともタイヤ空気圧の検知が可能となる。車両の実用範囲では、上記共振周波数の変化量は殆どタイヤ空気圧の変化に起因するタイヤゴム部のばね定数の変化に基づくものであり、タイヤの摩耗等の他の要因の影響を受けることなく安定した空気圧検知が可能となる。

【0031】以下図5のフローチャートを参照して、タイヤの空気圧が所定空気圧以下に低下したことを検知して警報を発するECU4の信号処理について説明する。尚、ECU4は各車輪について同様の処理を行うため、前記フローチャートは一つの車輪に対しての信号処理のみを示している。また、処理内容は、特にタイヤの空気圧が基準値以下に低下したことを検知し、運転者に警告する例について示す。

【0032】イグニッションスイッチオンによりECU4による信号処理がスタートするとステップ100では、ピックアップコイル3から出力された交流信号(図6)を波形整形してパルス信号とした後、そのパルス間隔を所定の時間で除算することにより車輪速度 $v$ を演算する。この車輪速度 $v$ は図7に示すように、通常タイヤの振動周波数成分を含む多くの高周波成分を含んでいる。ステップ110では、演算された車輪速度 $v$ の変動幅 $\Delta v$ が基準値 $v_0$ 以上か否かを判定する路面状態判定処理を行う。車輪速度 $v$ の変動幅 $\Delta v$ が、基準値 $v_0$ 以上と判定されるとステップ120に進む。

【0033】ステップ120では、車輪速度 $v$ の変動幅 $\Delta v$ が基準値 $v_0$ 以上となっている時間 $\Delta T$ が、所定時間 $t_0$ 以上か否かを判定する路面長判定処理を行う。前記ステップ110の路面状態判定処理、及びステップ120の路面長判定処理は、車両が走行している路面が、本実施例の検知手法によってタイヤ空気圧の検知が精度よく可能な路面か否かを判定するために行うものである。つまり、本実施例ではタイヤの空気圧の検知を、タイヤの振動周波数成分に含まれる共振周波数の変化に基づいて行う。このため、車輪速度 $v$ がある程度変動しかつそれが継続されなければ、上記共振周波数を精度よく算出するための十分なデータを得ることができない。尚、前記ステップ120における判定では、車輪速度 $v$ の変動幅 $\Delta v$ が基準値 $v_0$ 以上となった時点で所定時間 $\Delta t$ が設定される。また、この所定時間 $\Delta t$ 内に再び車輪速度 $v$ の変動幅 $\Delta v$ が $v_0$ 以上になると、時間 $\Delta T$ の計測が継続される。

【0034】前記ステップ110及びステップ120のどちらか一方において否定判断されると、ステップ10



0に戻る。また、ステップ110及びステップ120とも肯定判定されるとステップ130に進み、演算された車輪速度 $v$ に対して周波数解析（以下FFTという）演算を行う。ステップ140では、ステップ130で算出されたFFT結果を採用するか否かの判定を行う。

【0035】FFT結果を採用しない条件は以下のような場合である。

- (1) 左右輪の振動レベルに大きな差がある場合。
- (2) 大きな横加速度を発生する旋回中。
- (3) ABS或いはTRCの作動中。
- (4) 空気圧に依存するタイヤの振動レベル（以下信号レベルという）に対し、それ以外の部分の振動レベル（以下ノイズレベル）が一定以上の場合。

【0036】以上のような場合は、空気圧に依存するタイヤの共振現象がFFT演算結果に表れにくく、その結果を用いて空気圧判定を行うと誤判定の原因になるためFFT演算結果を採用しない。つまり、図5のフローチャートに示すように上記(1)～(4)の選別条件にすべて該当しない場合のみステップ150に進み、(1)～(4)の選別条件のいずれか1つでも該当する場合は、それ以降の処理は行わずステップ100に戻る。尚、ステップ140のデータ選択処理の内容については、後に詳細に説明する。

【0037】ステップ150では、車輪速度信号のゲイン（大きさ）の調整を行う。このゲイン調整処理は、予め定めた周波数範囲（ $f_1 \sim f_2$ ）内の各ピーク値 $V_p$ の値が、各FFT演算結果の波形に於いて、予め設定した値 $V_{PK}$ （同一値）に等しくなるように、ある係数 $K_1$ 、 $K_2$ 、・・・をそれぞれFFT演算結果に乗ずる。このゲイン調整により、路面状態の入力の大きさがばらついてFFT結果のゲインの大きさが不揃いとなって、後述するステップ180の平均化処理の効果が不安定になることを防止することができる。

【0038】続くステップ160では、FFT演算回数 $N$ を積算する。実際に車両が一般道を走行して得られる車輪速度に対してFFT演算を実施すると、図8に示すように非常にランダムな周波数特性となることが通常である。これは、路面に存在する微妙な凹凸の形状（大きさや高さ）が全く不規則なためであり、車輪速度データ毎にその周波数特性は変動することとなる。従って、本実施例では、この周波数特性の変動をできるだけ低減するために、複数回のFFT演算結果の平均値を求める。

【0039】そのため、ステップ170では、このFFT演算の演算回数 $N$ が所定回数 $n_0$ に達したか否かを判定する。達していない場合は、ステップ100～ステップ160の処理が繰り返される。演算回数 $N$ が所定回数 $n_0$ に達したときには、続くステップ180で平均化処理を行う。この平均化処理は図9に示すように、各FFT演算結果の平均値を求めるものであり、各周波数成分のゲインの平均値が算出される。この平均化処理によ

て、路面によるFFT演算結果の変動を低減することが可能となる。

【0040】しかし、上述の平均化処理だけでは、ノイズ等によって車両のばね下の上下方向及び前後方向の共振周波数のゲインが、その近辺の周波数のゲインに比較して必ずしも最大ピーク値になるとは限らないという問題がある。そこで、上述の平均化処理に引き続き、ステップ190において移動平均処理を実施する。この移動平均処理は、 $n$ 番目の周波数のゲイン $Y_n$ を以下の演算式によって求めることにより実施される。

【0041】

$$【数1】 Y_n = (y_{n+1} + Y_{n-1}) / 2$$

つまり、移動平均処理では、 $n$ 番目の周波数のゲイン $Y_n$ が、前回の演算結果における $n+1$ 番目のゲイン $y_{n+1}$ と既に演算された $n-1$ 番目の周波数のゲイン $Y_{n-1}$ との平均値とされる。これにより、FFT演算結果は、滑らかに変化する波形を示すことになる。この移動平均処理により求められた演算結果を図10に示す。

尚、ここでの波形処理は上記移動平均処理に限らず、前記ステップ130のFFT演算を実施する前に、車輪速度 $v$ の微分演算を行い、その微分演算結果に対してFFT演算を実施してもよい。

【0042】続くステップ200では、上記移動平均処理によりスムージングされたFFT演算結果に基づいて、車両のばね下の前後方向の共振周波数 $f_K$ を算出する。続くステップ210では、予め正常なタイヤ空気圧に対応して設定されている初期共振周波数 $f_{K0}$ と、逐次演算される共振周波数 $f_K$ との低下偏差（ $f_{K0} - f_K$ ）を求め、前記 $f_{K0}$ とタイヤ空気圧低下警告圧力（例えば $1.4 \text{ kg/cm}^2$ ）に対応する共振周波数 $f_L$ との判定偏差 $\Delta f = (f_{K0} - f_L)$ とを比較する。（ $f_{K0} - f_K < \Delta f$ であれば、前記ステップ100以下の処理を行う。また、（ $f_{K0} - f_K \geq \Delta f$ ならばステップ220へ進んで、タイヤ空気圧の許容値を下回ったとして、表示部5により運転者に対して警告表示を行う。

【0043】前記したステップ140のデータ選別処理の具体的な方法について、図11のフローチャートを参照して説明する。先ず、ステップ141では、左右輪の振動レベルの差を求める。図12は、左右輪の振動レベルの差のある場合のデータ例を示す。図12(a)、

(b)は、右輪のみ路面の大きな荒れを走行した場合の車輪速度時間波形とそのFFT波形を示している。このデータから判断されるように振動レベルの左右差は、以下の3つの比較により区別することができる。

- (1) 車輪速信号の時間波形のピーク間の大きさ $v(p-p)$ 。
- (2) FFT波形上の所定の周波数範囲でのゲインピーク値 $G_p$ 。
- (3) FFT波形上の所定の周波数範囲のゲインピーク積算量 $G_{f_1 \sim f_2}$ 。



【0044】従って、上記 $v(p-p)$ 、 $G_p$ 、 $G_{f_1} \sim f_2$ のいずれかの値を用いて、その値の左右差が所定の値以上になった場合は、ステップ142で左右輪の振動レベル大と判断しデータを採用不可と判定しステップ100へ戻る。データ採用可の場合は、ステップ143へ進んで横加速度を演算する。横加速度の大きさは、ステップ100で算出された左右輪の車輪速度値( $v$ )から以下の式で演算することができる。

【0045】

$$[数2] G = (v_0^2 - v_1^2) / 2 \cdot T \cdot g$$

( $G$ :横加速度、 $T$ :トレッド量、 $v_0$ :旋回外輪車輪速度、 $g$ :重量加速度、 $v_1$ :旋回内輪車輪速度)

上式による横加速度の演算値が所定の値以上になった場合は、ステップ144でデータを採用不可と判定してステップ100へ戻る。データ採用可の場合はステップ145へ進む。

【0045】尚、上式はABS技術における横加速度の演算に用いられる式である。また、横加速度の大きさは、横加速度による左右輪間の荷重移動によって発生する左右輪の共振レベルの差から推定することもできる。図13は旋回時の内外輪の車輪速信号のFFT波形である。横加速度が大きくなるにつれて、旋回外輪では接地荷重が増加する。このため、路面凹凸によりタイヤに入力される加振力が大きくなり、図13(a)に示すように所定周波数範囲のゲインピーク値 $G_p(0)$ 或いはゲイン積算量 $G_{f_1} \sim f_2(0)$ が大きくなる。逆に旋回内輪では接地荷重が減少するため、外輪とは逆の理由で図13(b)に示すように、ゲインピーク値 $G_p(1)$ 或いはゲイン積算量 $G_{f_1} \sim f_2(1)$ が小さくなる。この内外輪のゲインピーク値 $G_p$ 或いはゲイン積算量 $G_{f_1} \sim f_2$ は、図14に示すように横加速度に応じて変化するので、この値を横加速度の検出に用いることができる。

【0046】ステップ145では、図15に示すようにFFT演算結果の基になる車輪速信号の所定時間範囲内でABS或いはTRCの作動が検出されると、ステップ146でそのデータを採用不可とする。この場合はステップ100へ戻り、ステップ147以降の処理は行わない。また、データ採用可の場合はステップ147に進む。尚、ABS、TRCの作動の有無の信号は、ABS及びTRCのECC(図示せず)と、本システムのECCの間に信号通信線を設けることにより得ることができる。

【0047】ステップ147では、(信号レベル)/(ノイズレベル)を演算する。ここで「信号」とは、タイヤ空気圧に依存して共振点が移動するタイヤ振動であり、「ノイズ」とはそれ以外の振動のことである。車輪速信号には、「信号」成分であるタイヤの振動以外に「ノイズ」であるタイヤ以外のサスペンションメンバ、アーム等の振動成分も含まれている。従って、車輪速信号のFFT演算結果には、「信号」成分と「ノイズ」成

分の両方が現れる。通常は、「信号」成分の方が大きい問題が発生しないが、サスペンションのブッシュ等の振動系の「ノイズ」成分が非線形であるため、路面状態によっては、「ノイズ」成分の振動レベルが大きくなり「信号」成分をマスクしてしまう。図16は(a)は通常時のFFT波形、同図(b)は「ノイズ」成分が顕著となった時のFFT波形である。図16(b)に示すような「ノイズ」成分の多いデータでは、「信号」成分の共振点の判定が難しく、タイヤ空気圧判定を誤判定する原因となる。従って、ステップ147では、(信号レベル)/(ノイズレベル)の大きさが所定値以下であれば、データを採用不可とする。

【0048】次に具体的なデータの判別方法を説明する。「ノイズ」成分は主にサスペンション部材の共振現象であるため、所定の周波数域に発生する。従って、

「ノイズ」の発生する周波数域にゲイン量と「信号」の発生する周波数域のゲイン量の比較で相対的に「ノイズ」成分の多いデータを判別する。図17(a)に示すように、通常時のFFT演算結果では所定の「ノイズ」周波数範囲のゲイン積算量 $N$ と所定の「信号」周波数範囲のゲイン積算量 $S$ の比 $N/S$ は小さい値を示す。また、図17(b)に示すように、「ノイズ」成分が顕著となった時のFFT演算結果では $N/S$ は大きい値を示す。従って、ステップ147では、上記 $N/S$ の大きさにデータ中の「ノイズ」成分の割合の多さを判断し、所定値以上のデータを採用不可として、ステップ100へ戻り、ステップ150以降の処理は行わない。データ採用可の場合はステップ150へ進む。

【0049】また、データ中の「ノイズ」成分と「信号」成分の割合は、FFT演算結果を用いず、以下のような車輪速信号の時間波形から求めることもできる。図18(a)は「ノイズ」成分の少ない状態の車輪速時間波形で、図18(b)は「ノイズ」成分の多い状態の車輪速時間波形を示す。それぞれのデータについて、所定の「ノイズ」周波数域及び「信号」周波数域のバンドパスフィルタを通した後の車輪速時波形を、同図(a<sub>2</sub>), (a<sub>3</sub>), (b<sub>2</sub>), (b<sub>3</sub>), に示す。「ノイズ」成分が少ない場合、バンドパスフィルタ後の振幅比 $f_{N(p-p)} / f_{S(p-p)}$ は小さい値を示す。逆に「ノイズ」成分が多い場合、バンドパスフィルタ後の振幅比 $f_{N(p-p)} / f_{S(p-p)}$ は大きい値を示す。従ってこの $f_{N(p-p)} / f_{S(p-p)}$ の値を用いて「ノイズ」成分の割合の多さの判断に使うこともできる。

【0050】以上説明したように、図5のステップ140(図2のステップ141~148)のデータ選別処理において、すべての条件でデータが不採用とならなかった場合のみリターンして、前記したステップ150(図5)以下の各処理を行う。

【0051】尚、上記図5のステップ140(図11のステップ141~148)のデータ選別処理は、上記実

施例のようにFFT演算結果を用いる代わりに、直接ばね定数を演算してタイヤ空気圧を検知する方法にも用いることができる。また、上記実施例では、車両のばね下の前後方向の共振周波数のみに基づいて、タイヤの空気圧の低下を検知する例を示したが、これに代えて上下方向の共振周波数のみに基づきタイヤ空気圧の低下を検知することもできる。また、前後方向及び上下方向の共振周波数の両者に基づいて検知することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るタイヤ空気圧検知装置の概略構成図である。

【図2】車両のばね下の加速度の周波数特性を示す特性図である。

【図3】タイヤ空気圧の変化に伴う車両のばね下の上下方向及び前後方向の共振周波数の変化の様子を示す特性図である。

【図4】タイヤ空気圧の検知原理を示す説明図である。

【図5】ECUの処理内容を示すフローチャートである。

【図6】車輪速度センサの出力電圧波形を示す波形図である。

【図7】車輪速度センサの検出信号に基づいて演算された車輪速度 $v$ の変動状態を示す波形図である。

【図8】車輪速度 $v$ の時間波形に対するFFT演算結果を示す特性図である。

【図9】平均化処理を示した説明図である。

【図10】移動平均処理を行った後のFFT演算結果を示す特性図である。

【図11】ステップ140のデータ選別処理の詳細を示したフローチャートである。

【図12】左右輪の入力レベルの違う実走行時の車輪速信号及びFFT演算結果を示す説明図である。

【図13】旋回走行時のFFT演算結果を示す説明図である。

【図14】横加速度に対する左右輪の信号レベルの比を示す特性図である。

【図15】ABS、TRC作動時のデータ選別処理を示す説明図である。

【図16】ノイズ成分の振動レベルが多い場合のFFT演算結果を示す説明図である。

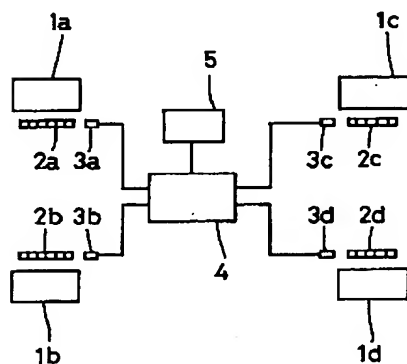
【図17】信号レベル／ノイズレベルによるデータ選別処理を示す説明図である。

【図18】車輪信号から信号レベル／ノイズレベルによるデータ選別処理を示す説明図である。

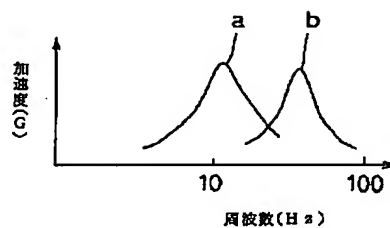
【符号の説明】

- 1a～1d タイヤ
- 2a～2d パルサ
- 3a～3d ピックアップコイル
- 4 ECU

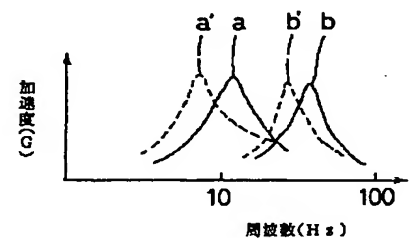
【図1】



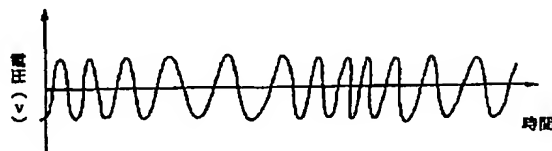
【図2】



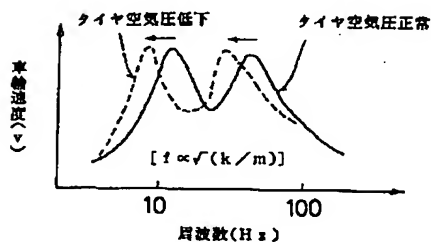
【図3】



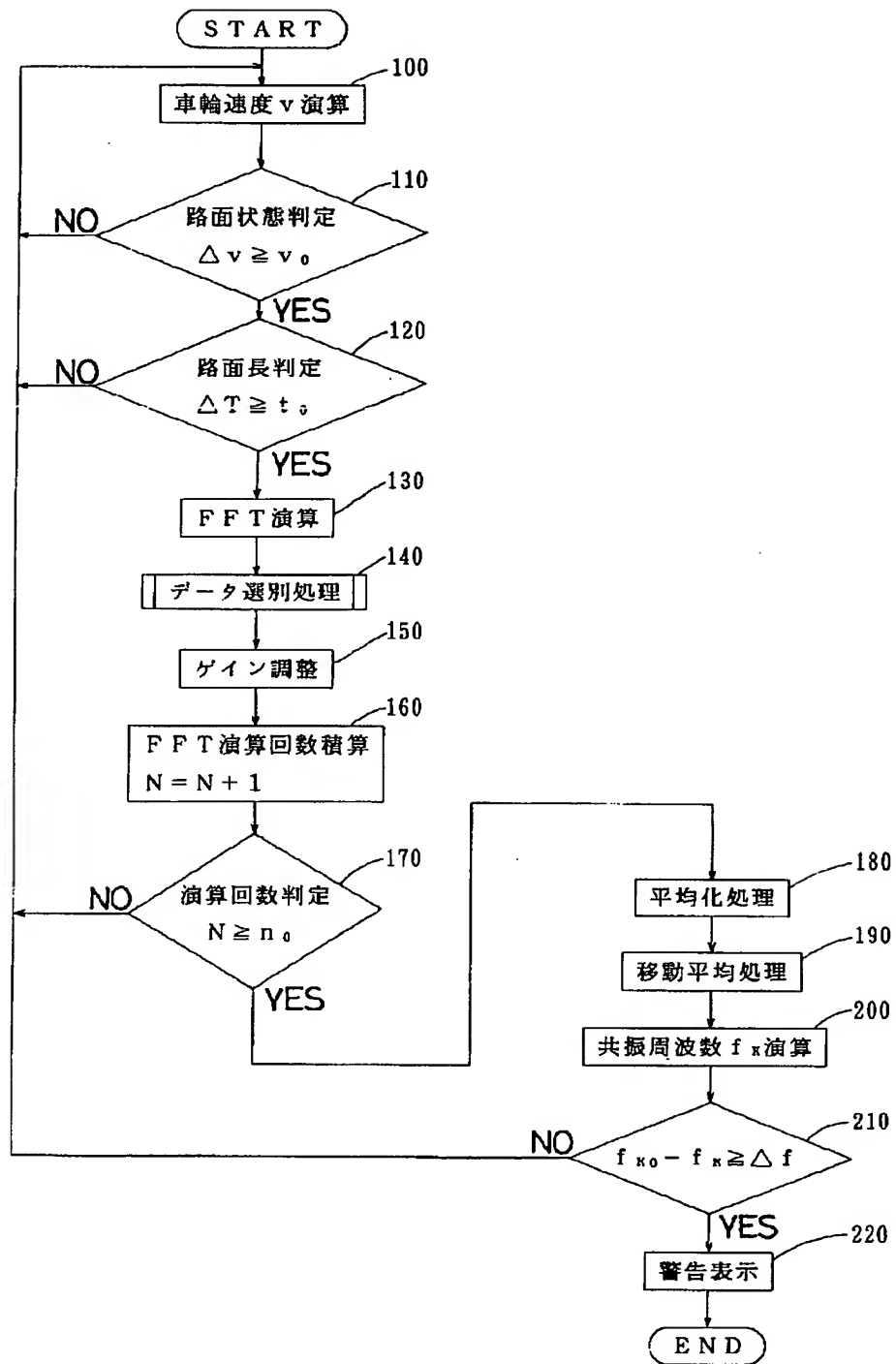
【図6】



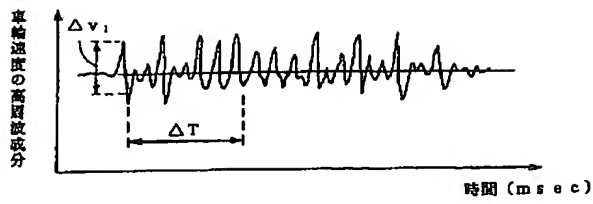
【図4】



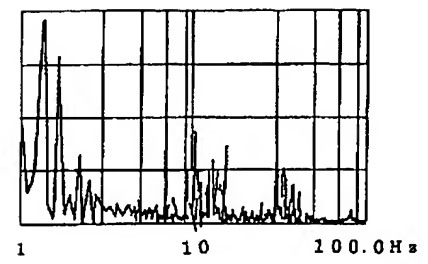
【図5】



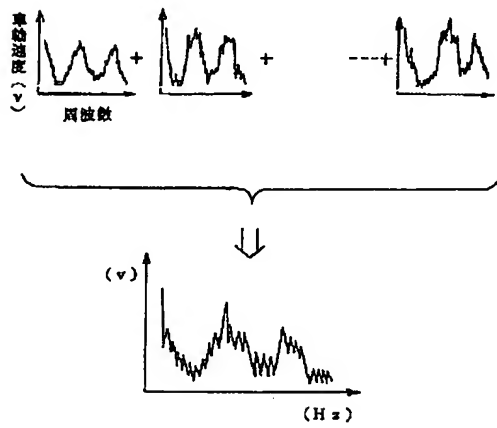
【図7】



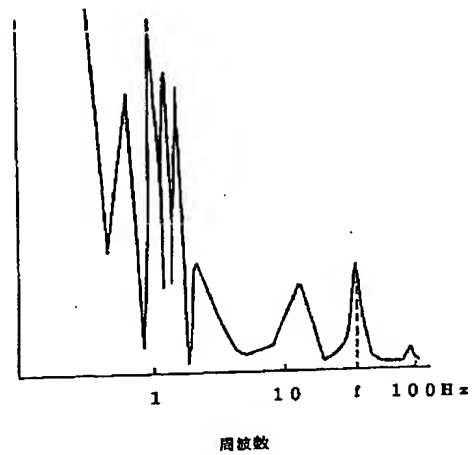
【図8】



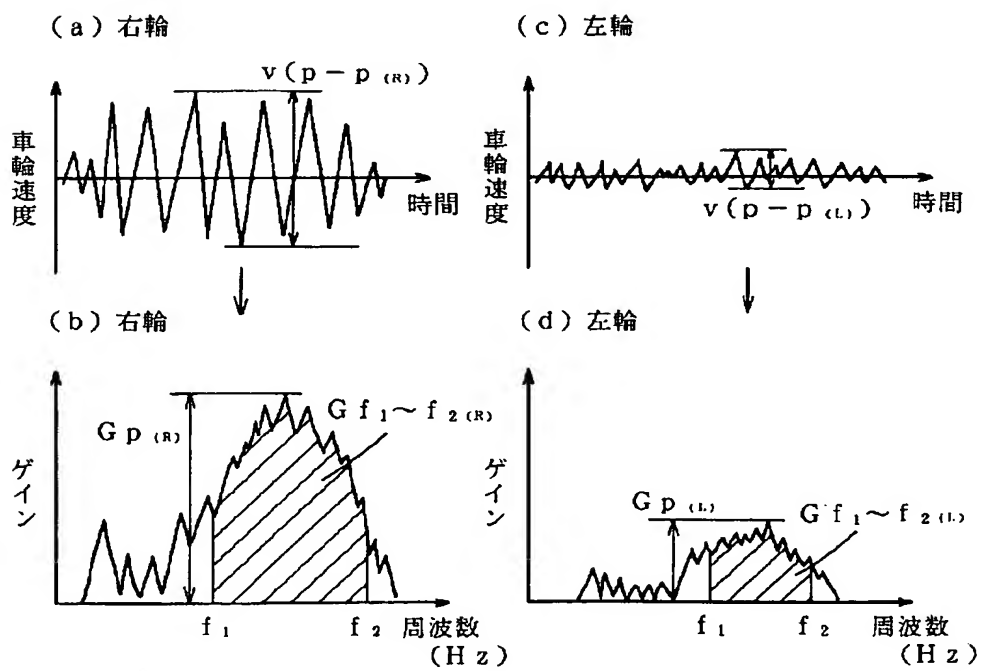
【図9】



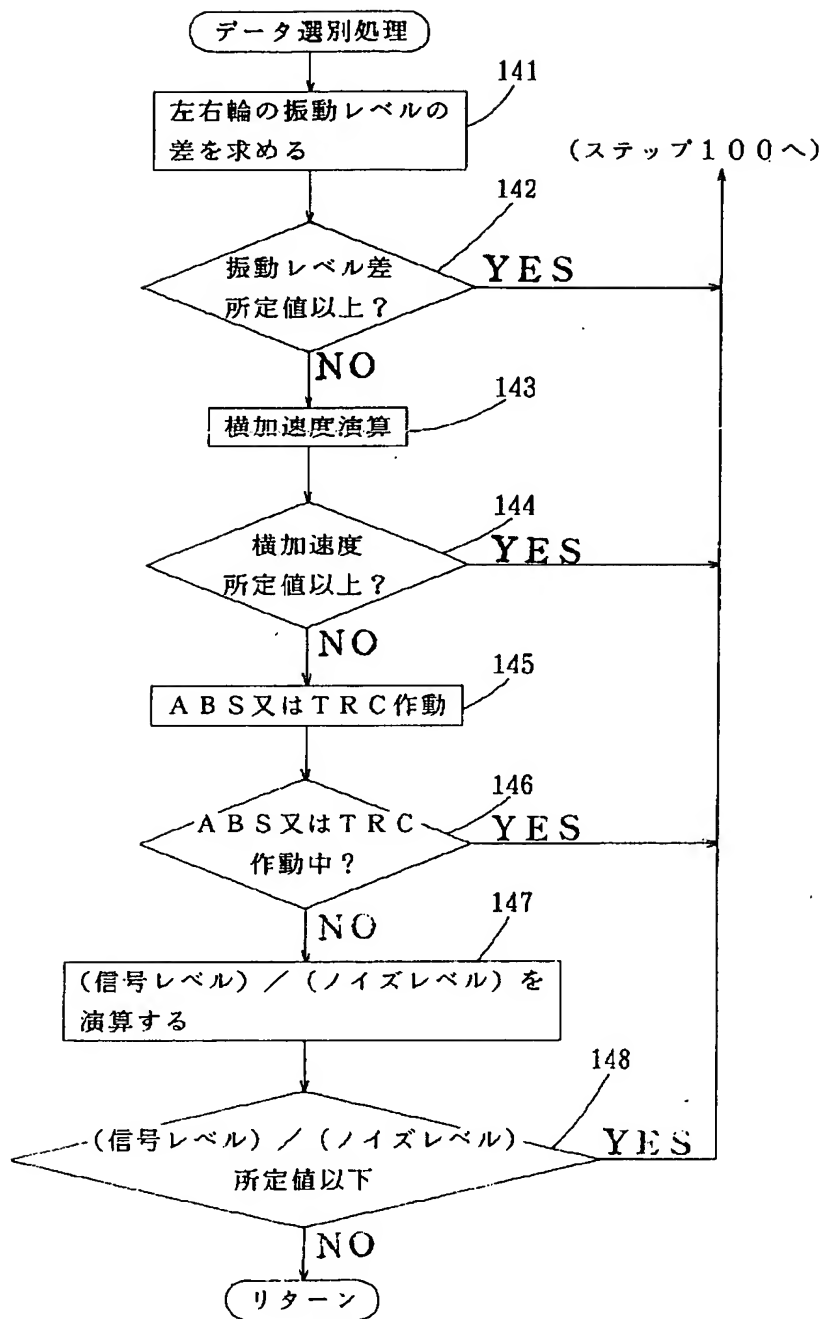
【図10】



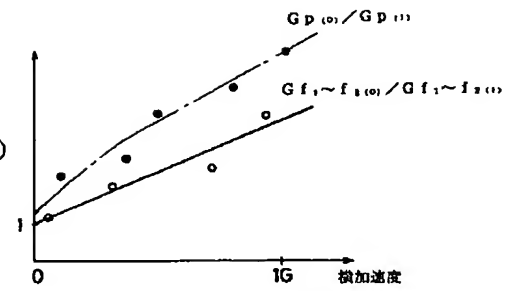
【図12】



【図11】



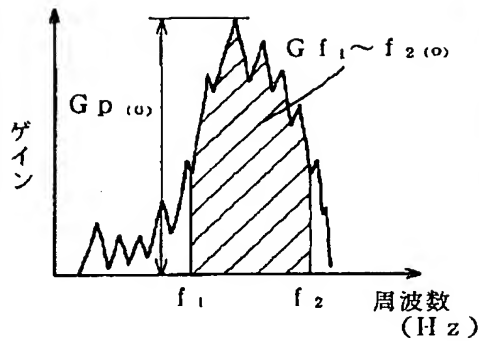
【図14】



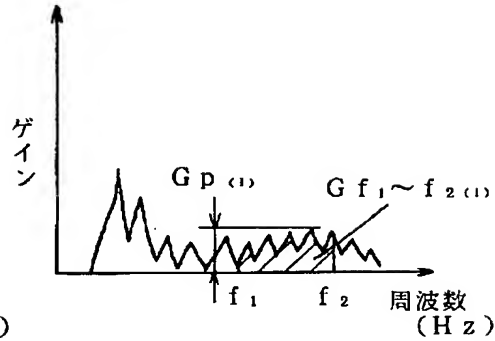
【図13】

(a) 旋回外輪

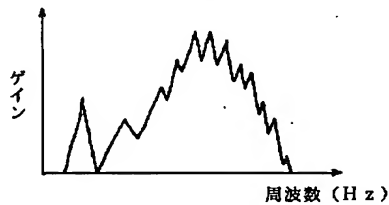
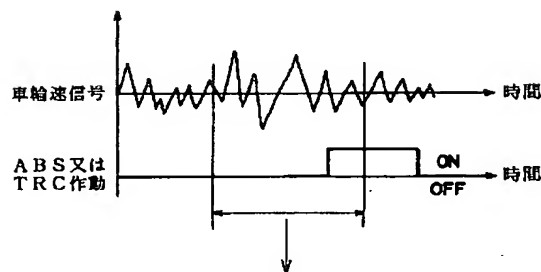
(b) 旋回内輪



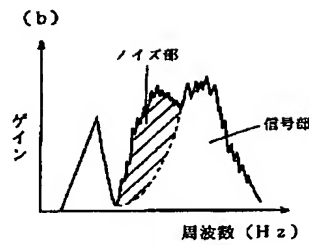
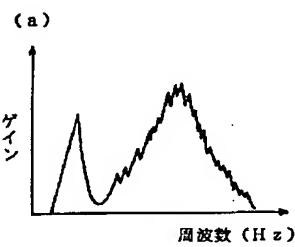
【図15】



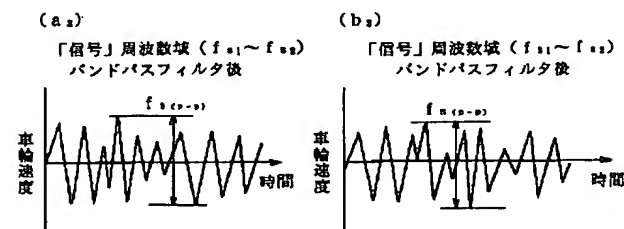
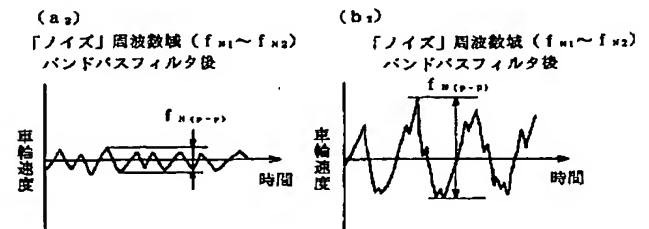
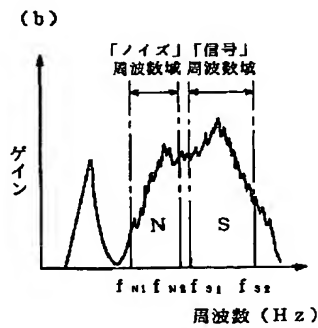
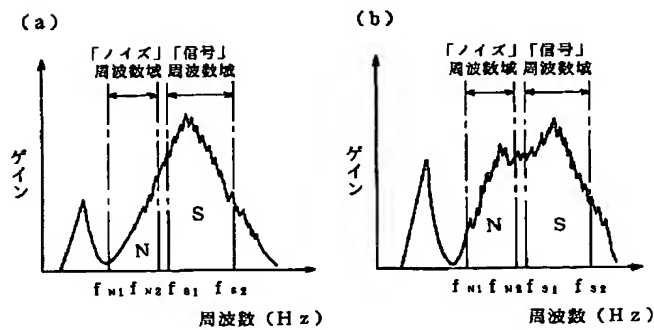
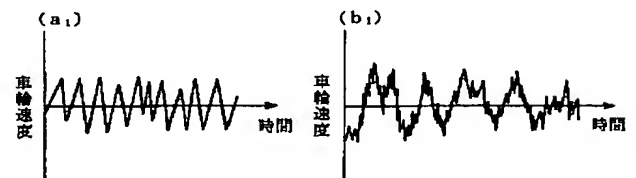
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 富板 健治  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電  
装株式会社内